



DEUTSCHES  
PATENTAMT

21 Aktenzeichen:  
22 Anmeldetag:  
43 Offenlegungstag:

P 30 32 127.8-12  
26. 8. 80  
19. 3. 81

Behördenbesitz

20 Unionspriorität: 32 33 31  
06.09.79 US 73550

71 Anmelder:  
General Motors Corp., Detroit, Mich., US

74 Vertreter:  
Manitz, G., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Finsterwald, M.,  
Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing., 8000 München; Grämkow, W.,  
Dipl.-Ing., 7000 Stuttgart; Heyn, H., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.,  
8000 München; Rotermund, H., Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 7000  
Stuttgart

72 Erfinder:  
Clingman, David Lee, Carmel, Ind., US; Cavanagh, John  
Raymond, Brownsburg, Ind., US; Schechter, Barton,  
Indianapolis, Ind., US; Cross, Kenneth Robert, Lebadon,  
Ind., US

54 Abreißbare Keramikdichtung und Verfahren zu ihrer Herstellung

DE 30 32 127 A 1

BEST AVAILABLE COPY

DE 30 32 127 A 1

## MANITZ, FINSTERWALD &amp; GRÄMKOW

GENERAL MOTORS CORPORATION  
Detroit, Michigan, USA

DEUTSCHE PATENTANWÄLTE  
DR. GERHART MANITZ · DIPL.-PHYS.  
MANFRED FINSTERWALD · DIPL.-ING., DIPL.-WIRTSCH.-ING.  
WERNER GRÄMKOW · DIPL.-ING.  
DR. HELIANE HEYN · DIPL.-CHEM.  
HANNS-JÖRG ROTHERMUND · DIPL.-PHYS.

BRITISH CHARTERED PATENT AGENT  
JAMES G. MORGAN · B. SC (PHYS.), D. M. S.

ZUGELASSENE VERTRETER BEIM EUROPÄISCHEN PATENTAMT  
REPRESENTATIVES BEFORE THE EUROPEAN PATENT OFFICE  
MANDATAIRES AGRÉÉS PRÈS L'OFFICE EUROPÉEN DES BREVETS

München, den 26. August 1980  
S/Kö/Sv-G 3391

---

Abreibbare Keramikdichtung und Verfahren  
zu ihrer Herstellung

---

Patentansprüche:

- ① Abreibbare Wärmebarriere-Fluiddichtungsbeschichtung zur Verwendung bei Maschinen mit zusammenwirkenden Teilen, die relativ zueinander eine Drehbewegung ausführen und bei hoher Umgebungstemperatur arbeiten können und von denen wenigstens eines als Substrat für die Beschichtung verwendet wird, wobei die Beschichtung auf dem Substrat eine Verbindungsschicht, die im wesentlichen aus einer Abriebfläche des Substrats bedeckenden NiCrAlY-Legierung besteht, und eine Wärmebarriereschicht auf der Verbindungsschicht enthält, die im wesentlichen aus einer Zirkonoxid und einem Zirkonoxid stabilisierenden Oxid besteht, das aus der aus  $Y_2O_3$ , MgO und CaO bestehenden Gruppe ausgewählt worden ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Beschichtung eine abreibbare Schicht (7) auf der Wärme-

130012/0739

barriereschicht enthält, die im wesentlichen aus porösem stabilisiertem Zirkonoxid besteht, und daß das poröse Zirkonoxid von der thermischen Zersetzung eines zusammen mit dem stabilisierten Zirkonoxid auf die Barriereschicht aufgetragenen organischen Füllmaterials herrührt.

2. Beschichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die poröse, abreibbare Schicht (7) im wesentlichen aus Zirkonoxid besteht, welches ein Oxid aus der Gruppe aus  $Y_2O_3$ , MgO und CaO bestehenden Gruppe enthält, und daß die poröse abreibbare Schicht von der thermischen Zersetzung eines Polyesterpartikelfüllmaterials herrührt, das zusammen mit dem Zirkonoxid und dem Oxid in einer Menge von 20 bis 30 Vol.-% aufgebracht worden ist, um die gewünschte Dichte und Abreibbarkeit der Schicht zu erzielen.
3. Beschichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die poröse, abreibbare Schicht (7) 0,472 - 0,508 mm (0,018 bis 0,020 inch) dick ist.
4. Verfahren zur Bildung einer abreibbaren Fluiddichtungsbeschichtung auf wenigstens einem von zwei relativ zueinander eine Drehbewegung ausführenden Teilen, welches eine Wärmebarrierebeschichtung besitzt, die eine Verbindungsschicht, die im wesentlichen aus einer Abriebofläche des Teils bedeckenden NiCrAlY-Legierung besteht, und eine Wärmebarriereschicht auf der Verbindungsschicht enthält, die im wesentlichen aus Zirkonoxid und einem Zirkonoxid stabilisierenden Oxid besteht, das aus der aus  $Y_2O_3$ , MgO und CaO bestehenden Gruppe ausgewählt worden ist, dadurch gekennzeichnet, daß Zirkonoxid und ein Oxid aus der aus  $Y_2O_3$ , MgO und CaO bestehenden Gruppe und ein thermisch zersetzbares organisches Füllmaterialpulver zusammen aufgebracht werden, um eine Schicht (7) mit der gewünschten Dicke auf der Wärmebarrierebeschichtung zu bilden, und

daß die Schicht auf eine erhöhte Temperatur und für eine Zeitdauer aufgeheizt wird, die zur Zersetzung des organischen Füllmaterialpulvers und zur Erzeugung einer porösen, abreibbaren Schicht mit 20 bis 33 Vol.-% Gasblasen erforderlich ist.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die aufgebrachte, abreibbare Schicht (7) 1,016 - 1,524 mm (0,040 bis 0,060 inch) dick ist.
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß es sich bei dem organischen Füllmaterialpulver um ein Polyesterpulver mit -140 bis +325 Maschengröße handelt und daß das Aufheizen bei etwa 982°C (1800°F) während eines Zeitraums von etwa 4 Stunden erfolgt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß Zirkonoxid und ein Oxid aus der aus  $Y_2O_3$ , MgO und CaO bestehenden Gruppe aufgebracht werden, indem das Material in Pulverform durch eine Aufbringeinheit geführt wird, die das Material bis zum Erweichungspunkt aufheizen und von ihm einen Strahl versprühen kann, so daß sich das Material beim Ablagern auf der Wärmebarrierebeschichtung plastisch deformieren kann, und daß das thermisch zersetzbare organische Füllmaterialpulver zusammen mit dem Keramikmaterial aufgebracht wird, indem das organische Füllmaterialpulver an einem Punkt stromabwärts von der Sprühdüse der Aufbringeinheit in den Keramikmaterialstrahl eingeführt wird, um die Verweilzeit des organischen Füllmaterialpulvers im Keramikmaterialstrahl zu steuern, damit vermieden wird, daß es sich vor der Ablagerung auf der Oberfläche thermisch zersetzt.

Die Erfindung betrifft eine abreibbare oder abschabbare Dichtungsbeschichtung bzw. -auflage für eine Turbomaschine, in der zwei zusammenwirkende Teile eine relative Drehbewegung ausführen, wobei die Beschichtung auf zumindest eines der Teile aufgebracht bzw. auf diesem abgelagert wird, und ein Verfahren zur Bildung einer derartigen Dichtungsbeschichtung. Insbesondere betrifft die Erfindung eine Beschichtung mit der gewünschten Abreibbarkeit, damit eines der sich drehenden Teile in der Beschichtung sein eigenes Spiel ausschneiden kann und so Undichtigkeit und Lecken zwischen den beiden zusammenwirkenden Teilen reduziert wird.

Bei Turbomaschinen, z.B. Axialverdichtern und Turbinen, wird die gesamte betriebliche Leistungsfähigkeit durch Lecken oder Verluste des gasförmigen Strahls um die Spitzen oder Enden der rotierenden Flügel ungünstig beeinflusst. Hierbei handelt es sich um ein besonders schwierig zu regelndes bzw. einstellbares Maß bzw. eine Dimension, da sehr enge Toleranzen und ein sehr kleines Spiel bei besonders stark angreifender hoher Temperatur, hohem Druck und großen Drehzahlen bei normalen Betriebsbedingungen erforderlich sind. Dies führte zur Entwicklung und Verwendung von abreibbaren Dichtungsbeschichtungen. Gewöhnlich werden solche Beschichtungen z.B. auf das Motorstatorgehäuse aufgebracht, was es erlaubt, daß die Rotorblätter an der Statordichtungsbeschichtung mit einem Spiel von im wesentlichen Null ansitzen. Gewöhnlich handelt es sich bei diesen abreibbaren Beschichtungen um die porösen Schichten aus Metall und aushärtbarem Harz nach der US-PS 3 092 306 und um die Beschichtung oder den Überzug aus elastischem Gummi mit durchgehend fein verteilten hohlen Glasmikrokugeln nach der US-PS 3 575 427. Aus der US-PS 3 147 087 ist eine abreibbare Dichtungsbeschichtung bekannt, die aus einer Binde-/

Verbindungsschicht von geringer Porosität mit einer heterogenen Abrieb-/Verschleißschicht aus einer Matrix aus weichem Metall, z.B. Aluminium mit Gasblasen und dispergiertem Graphit oder Glimmer besteht. Diese Standardbeschichtungen sind nicht mehr zufriedenstellend, da die Technik bei Gasturbinenmotoren sich zu höheren Betriebstemperaturen, z.B.  $982^{\circ}\text{C}$  ( $1800^{\circ}\text{F}$ ), hin entwickelt hat. Dies erfordert die Verwendung von Materialien, die bei so hohen Temperaturen sehr gut beständig sind.

Die vorliegende Erfindung basiert auf der Verwendung des Keramikwärmebarrierebeschichtungssystems der US-PS 4 055 705, das auf Metalloberflächen, z.B. Turbinenschaufeln, aufgebracht wird, um eine niedrige thermische Leitfähigkeit und ein verbessertes Haften auf dem Substratträgermetall bei Exponierung gegenüber Hochtemperaturfluiden zu erzielen. Insbesondere wird gemäß der Erfindung das bekannte Wärmebarrierebeschichtungssystem auf das Motorgehäuse aufgebracht, und dieses Wärmebarrieresystem dient als Basis für das Aufbringen einer Schicht aus stabilisiertem Zirkon(di)oxid, die zusammen mit einem thermisch zersetzbaren organischen Pulver aufgebracht bzw. abgelagert wird, wobei eine poröse Keramikdichtungsbeschichtung gebildet wird, indem Hitze zur Zersetzung des organischen Pulvers zur Bildung der abreibbaren porösen Keramikbeschichtung verwendet wird.

Das Material der porösen keramischen Schicht, Zirkonoxid, besitzt einen Schmelzpunkt von etwa  $2599^{\circ}\text{C}$  ( $4710^{\circ}\text{F}$ ), während die Zersetzungstemperatur eines organischen Füllmaterials, z.B. eines Polyesterpulvers, bei etwa  $538^{\circ}\text{C}$  ( $1000^{\circ}\text{F}$ ) liegt. Infolgedessen mußte ein Verfahren entwickelt werden, um diese Materialien mit weitgehend unterschiedlichem Temperaturverhalten bzw. -beständigkeit zusammen aufzubringen. In Anpassung an diese Gegebenheiten wurde hierfür die Verweilzeit des organischen Pulvers im Strahl des Keramikmaterials, das aus der Düse der Auftrageinheit ausgesprüht wurde, auf ein Minimum herabgesetzt wurde.

Die Erfindung wird im folgenden beispielsweise anhand der Zeichnung beschrieben; in dieser zeigt:

Fig. 1 eine Teilschnittansicht eines Turbomaschinengehäuses in der das bekannte Wärmebarrierenbeschichtungssystem dargestellt ist, und

Fig. 2 eine Teilschnittansicht der abreibbaren keramischen Dichtungsbeschichtung mit gesteuerter Porosität, die auf das bekannte System von Fig. 1 aufgebracht wird.

Gemäß der Erfindung wird in einem ansonsten dichten Keramikmaterial eine gesteuerte Porosität erzielt, um die Abreibbarkeit des Materials zu verbessern. Dies erfolgt, indem gleichzeitig Zirkonoxid und stabilisierendes Yttriumoxid oder Magnesiumoxid oder Calciumoxid und thermisch zersetzbares organisches Pulver, z.B. Polyesterpulver, unter Verwendung eines Plasmasprühverfahrens und in den benötigten Verhältnissen zusammen aufgebracht werden, um die gewünschte Porosität zu liefern, wenn das organische Pulver anschließend an die Ablagerung der Beschichtung thermisch zersetzt wird.

Es ist zwar günstig, ein Plasmasprühverfahren zu verwenden, aber es kann auch jedes andere bekannte Verfahren und jede andere bekannte Einrichtung verwendet werden, um ein festes Material, z.B. ein Pulver oder Kügelchen, etc. aufzunehmen, seine Temperatur anzuheben, um das Material weicher zu machen oder aufzuschmelzen, und es dann aus der Düse eine Auftrageinheit zur zu beschichtenden Oberfläche hin herauszuschleudern oder -zusprühen, z.B. eine Lichtbogen- und Verbrennungseinrichtung. In gleicher Weise können thermisch zersetzbare, organische Pulver ohne Schwierigkeiten aus den vielen im Handel erhältlichen anderen Harzpulvern ausgewählt werden, z.B. das unter dem Handelsnamen Upjohn 2080 vertriebene thermoplastische Polyamid, ein Amid-Imid, z.B. Torlon von der Amoco Chemical Corporation, oder ein Phenylensulfid, z.B. Ryton von der Phillips PetroChemical Corporation.

Die Hauptschwierigkeit bei der Herstellung der Beschichtung beruht auf dem stark unterschiedlichen Temperaturverhalten und -anforderungen der beiden bei dem Verfahren verwendeten Basismaterialien. Zirkonoxid, ein Material mit sehr hohem Schmelzpunkt, das bei etwa  $2599^{\circ}\text{C}$  ( $4710^{\circ}\text{F}$ ) schmilzt, muß bis zu einer Temperatur aufgeheizt werden, die ausreichend hoch ist, so daß die Partikel weich werden und sich plastisch deformieren, wenn sie auf dem Beschichtungssubstrat abgelagert werden. Umgekehrt besitzt das Polyesterpulver ein sehr begrenztes Temperaturverhalten, etwa  $538^{\circ}\text{C}$  ( $1000^{\circ}\text{F}$ ) vor der Zersetzung, und seine thermische Zersetzung muß vor dem Aufbringen vermieden werden. Bei der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung werden beide Materialien durch denselben Plasmastrahl aufgebracht und abgelagert. Die Anpassung an die Temperaturanforderungen kann somit durchgeführt werden, indem jedes Material im Plasma eine unterschiedliche Verweilzeit besitzt. Für die Anforderungen der unterschiedlichen Verweilzeit wurde insbesondere die Maßnahme getroffen, daß das Zirkonoxidpulver in den Körper der Spritz- oder Sprühpistole eingeführt wurde, während das Polyesterpulver durch eine stromabwärts der Pistolensprühdüse angeordnete äußere Zufuhröffnung eingespritzt wurde. Durch die Verwendung des Wärmebarrierebeschichtungssystems nach der US-PS 4 055 705 und die zusätzliche poröse, abreibbare, keramische Schicht geringer Dichte gemäß der vorliegenden Erfindung wurde erreicht, daß die Vorteile der Wärmebarriere beibehalten wurden und zusätzlich das neue Merkmal der Erfindung, eine abreibbare Hochtemperaturdichtung, erzielt wurde, die für die Anwendung bei Turbinen oder Hochtemperaturverdichter Schaufelspitzendichtungen geeignet ist.

In Fig. 1 ist das Wärmebarrieresystem der US-PS 4 055 705 gezeigt. Es besteht aus einer 0,127 bis 0,178 mm (0,005 bis 0,007 inch) dicken Verbindungsschicht oder einem -film aus einer Ni, Cr, Al, Y-Legierung und aus einer 0,381 - 0,508 mm (0,015 - 0,020 inch) dicken Oxidschicht 3, die auf die Ober-



fläche eines Metalls substrats 5, z.B. einer Turbinenschaufel, aufgebracht worden sind.

Es ist unwahrscheinlich, daß Turbinenschaufeln in den Weg oder die Spur einer Reibungsbewegung bei kleinen Motoren mehr als 0,254 bis 0,381 mm (0,010 bis 0,015 inch) tief eindringen, ohne einen beträchtlichen Schaden anzustiften oder die Funktion ernsthaft zu beeinträchtigen. Aus diesem Grunde beschränkt sich die Geometrie des Beschichtungssystems gemäß der Erfindung auf diese Dicke in der abreibbaren Außenschicht.

Nach Fig. 2 ist ein Verbindungsfilm 1' auf ein Substrat 5', z.B. eine Verdichter- oder Turbinenunterlage mit der größten erreichbaren Dichte aufgesprüht worden, um seine sekundäre Funktion als Oxidationsbarriere am Substrat auf ein Höchstmaß zu bringen. Anschließend wird eine Schicht 3' aus mit Yttriumoxid stabilisiertem Zirkonoxid mit einer Dicke zwischen 0,356 bis 0,406 mm (0,014 bis 0,016 inch) aufgebracht, wobei die aus der US-PS 4 055 705 bekannte Einrichtung und Parameter verwendet werden. Hiernach wird die abreibbare Endschicht 7 aus mit Yttriumoxid stabilisiertem Zirkonoxid mit einer Dicke zwischen 1,016 bis 1,524 mm (0,040 bis 0,060 inch) mit Techniken aufgetragen, die die gewünschte Reduktion der Dichte erzeugen. Die Schicht aus abreibbarem Material wird bis zur gewünschten, mit der speziellen zusammenwirkenden Rotorstufe verträglichen Dicke, z.B. 0,472 bis 0,508 mm (0,018 bis 0,020 inch) maschinell bearbeitet. Bei der Struktur mit der bevorzugten Dichte befinden sich zwischen 20 und 33 % Polyester-Füllmaterial in der Beschichtung. Eine zu große Dichte aufgrund von zu wenig entfernbarem Füllmaterial führt zu einem Verlust der Abreibbarkeit bei Abrieb auf dem abreibenden Drehteil, z.B. der Schaufelspitze. Andererseits führt eine zu geringe Dichte aufgrund zu wenig Füllmaterial zu einer zu weichen Schicht, die aufgrund der hohen Temperatur und bei Fluidströmen mit hoher Geschwindigkeit aufbrechen kann. Zwischen den sukzessiven

Arbeitsgängen bei der Herstellung der Beschichtung sollten nicht mehr als 20 Minuten verstreichen, um eine Oxidation im Substrat und bei späteren Schichten zu vermeiden.

Das NiCrAlY-Verbindungsfilmmaterial der Schichten 1 und 1' wird durch eine Plasma-Strahl-Sprühpistole in Pulverform mit einer Maschengröße zwischen -200 und +325 aufgebracht. Es ist im Handel erhältlich, z.B. von der Alloy Metals Inc., Troy, Michigan. Für eine solche Legierung ist folgende chemische Zusammensetzung typisch:

Cr	16,2 Gew.-%
Al	5,5 Gew.-%
Y	0,6 Gew.-%
Ni	Gleichgewicht

Obwohl auch andere Materialien erhältlich sind, wird die Verwendung des thermisch zersetzbaren organischen Füllmaterials Metco 600 bevorzugt. Hierbei handelt es sich um ein Polyesterpulver, das im Handel von der Metco Inc., Westbury, Long Island, New York und zwar in der Maschengröße von -140 bis +325 erhältlich ist.

Um das einheitliche Zuführen der Pulver in die Plasma-Strahl-Sprühpistole sicherzustellen, werden die Materialien vorzugsweise in einem Ofen bei etwa 121°C (250°F) während eines Zeitraums getrocknet, der zum Trocknen des Pulvers erforderlich ist, d.h. mindestens 4 Stunden lang. Das Polyesterfüllmaterialpulver ist besonders hygroskopisch, so daß das Trocknen im Ofen sehr wichtig ist, um zu verhindern, daß das Pulver Klumpen bildet.

Gemäß der Erfindung wurde ein Verfahren entwickelt, um die abreibbare Zirkonoxidschicht mit einer Dichte zu bilden, die für die Abreibbarkeit annehmbar ist. Sobald die Schicht

aufgebracht ist, wird die mit der abreibbaren Wärmebarrierebeschichtung versehene Substratkomponente, bei der es sich um eines von zwei zusammenwirkenden Teilen handelt, die zueinander eine relative Drehbewegung ausführen, aufgeheizt, damit das Füllmaterial entfernt wird und eine poröse stabilisierte Zirkonoxidschicht zurückbleibt, die leicht durch die rotierende Komponente, z.B. die Verdichterschaufelspitze, ohne Abrieb der Spitze abgerieben wird. Durch 4 Stunden langes Aufheizen auf eine Temperatur von etwa  $982^{\circ}\text{C}$  ( $1800^{\circ}\text{F}$ ) wird das Polyesterpulver vollständig entfernt, und es bleibt eine poröse Schicht 7 zurück, die fest an der Wärmebarriereschicht 3' haftet. Während die sich ergebende Oberfläche der abreibbaren Schicht 7 selbst nach maschineller Bearbeitung aufgrund von Oberflächengasblasen rauh ist, ergibt sich eine gute Abreibbarkeit bei einer Reib- bzw. Schleifgeschwindigkeit von 229 m/sec (750 ft/s), einem Einstechvorschub von 0,0254 mm/sec (0,001 inch/s) der rotierenden Schaufeln für eine Tiefe von 0,127 mm (0,005 inch), wobei die Umgebungstemperatur bei etwa  $260^{\circ}\text{C}$  ( $500^{\circ}\text{F}$ ) bei Atmosphärendruck lag. Es ergab sich eine Durchlässigkeit der Dichtungsschicht von im wesentlichen Null, als die Dichtung statischen Druckversuchen mit Drücken bis zu 344,74 kPa (50 psig) unterworfen wurde.

Gemäß der Erfindung wird ein Verfahren geschaffen, um eine Beschichtung mit verschiedenen unterschiedlichen Pulvern als zusammen aufgetragene Schicht auf dem Substratteil aufzubringen. Es ist bekannt, eine Plasma-Strahl-Sprüh- oder Flammssprüh-Technik anzuwenden, wenn die zu versprühenden Materialien dieselben physikalischen Eigenschaften bzw. Charakteristiken besitzen. Im vorliegenden Fall liegen jedoch bedeutsame Unterschiede bei den physikalischen Eigenschaften, z.B. der Schmelz- oder Erweichungstemperatur und der Zersetzungstemperatur, vor, wie es bei Polyesterpulver und Zirkonoxid der Fall ist. Dies trägt die Möglichkeit für Schwierigkeiten in sich, eine zufriedenstellende,

gleichzeitige Ablagerung bzw. Auftragung beider Materialien zu erzielen. Da es sich bei  $ZrO_2$  um ein Keramikmaterial handelt, liegt seine Schmelztemperatur von etwa  $2599^{\circ}C$  ( $4710^{\circ}F$ ) beträchtlich über der des Polyesterpulvers, das eine Zersetzungstemperatur von etwa  $538^{\circ}C$  ( $1000^{\circ}F$ ) besitzt.

Die gewünschte gleichzeitige Aufbringung von allen einen Bestandteil bildenden Pulvern bei der bevorzugten Temperatur im selben Sprühstrahl kann erfolgreich ausgeführt werden, indem die Pulver an verschiedenen Stellen im Plasmastrahl eingeführt werden. Obwohl der Leistungspegel des Plasmasystems für beide Pulverkomponenten identisch sein könnte, sind die Verweilzeit und infolgedessen die Partikeltemperatur der Materialien unterschiedlich.

Es ist günstig, die Plasmadyne SC-1B-Sprühpistole zu verwenden, die Pulverzuführungsöffnungen innen und außen am Pistolenkörper besitzt. Aufgrund der besonderen Anforderungen der zusammen aufgetragenen Materialien der Beschichtung eignet sich diese Konstruktion für die Verwendung von separaten Pulverzuführungen, damit beide Öffnungen simultan gespeist werden. Insbesondere wird das Zirkonoxid innen im Pistolenkörper in den Plasmastrahl eingeführt, da seine Verweilzeit und von daher die Partikeltemperatur höher als die des Polyesterpulvers ist, das durch die äußere, stromabwärts gelegene Öffnung eingeführt wird. Der wesentliche Punkt der Erfindung in dieser Beziehung besteht darin, daß das Polyesterpulver mit der niedrigeren Schmelzgrenztemperatur in den Plasmastrahl strahlabwärts von der Sprühdüse für den Zirkonoxid enthaltenen Plasmastrahl eingeführt wird.

Ein alternatives, wenn auch weniger gewünschtes System für die zusammen erfolgende Ablagerung des Zirkonoxid- und Füllmaterials besteht aus zwei separaten Plasmasprüheinheiten, die jeweils eines der beiden Pulversorten mit den optimalen Parametern versprühen. Die Pistolen wären dann so gerichtet,

daß die Plasmastrahlen auf der Beschichtungsebene oder dem Target verschmelzen. Bei einem solchen System sind spezielle Regelungen und eine Verfeinerung des Verfahrens im großen Maße stärker erforderlich, da die Möglichkeit besteht, daß die separaten Bestandteile sich agglomerieren bzw. massieren und unzureichend vermischen und/oder es innerhalb der Beschichtung zu einer Schichtbildung kommt. Ein derartiges System wäre weitaus kostspieliger als das beschriebene bevorzugte System.

Ein weiterer Vorteil beim Vorgehen gemäß der Erfindung besteht darin, daß die Lebensdauer der abreibbaren Wärmebarriere-Beschichtungen deutlich erhöht werden kann, indem die gesamte Beschichtung nach dem Aufsprühen, fakultativ im Vakuum, aufgeheizt wird. Dieser Effekt scheint mit dem Sintern oder Zusammenbacken und der sich ergebenden Verdichtung des Verbindungsfilms 1' im Zusammenhang zu stehen. Die Wirkung auf die Oxidschicht 3' ist vernachlässigbar.

Da die erfindungsgemäße abreibbare Beschichtung auf eine Komponente aufgebracht wird, die den Gasströmungsweg der Turbomaschine festlegt, ist die Rauigkeit der Beschichtung nach der endletzten maschinellen Bearbeitung wichtig. Die zur Erzeugung einer aerodynamisch glatten Oberfläche erforderliche maschinelle Bearbeitung wird vor der thermischen Zersetzung des Füllmaterialpulvers beendet. Das Vorhandensein der ungefüllten Porosität nach dem Aufheizen zur Zersetzung des Füllmaterials übt keine ungünstige Wirkung auf die Leistung oder den Wirkungsgrad aus, da es sich bei den sich ergebenden Gasblasen um geschlossenzellige Blasen handelt und der poröse Charakter der abreibbaren Beschichtung diskontinuierlich ist.

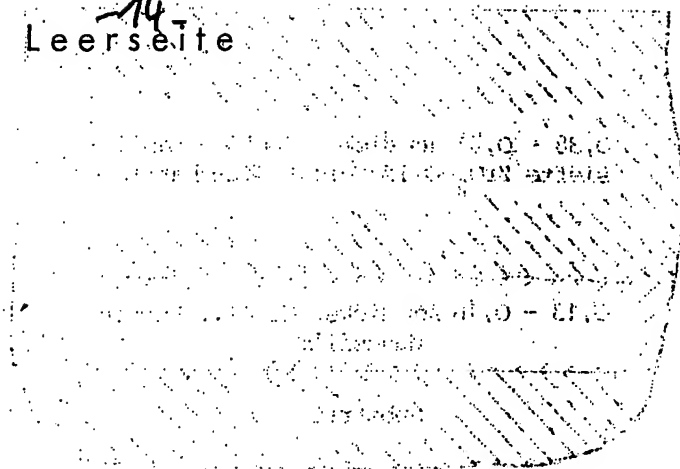
Nach der Erfindung wird so eine abreibbare, poröse Keramikbeschichtung und ein Verfahren für ihre Bildung geschaffen, die mit bekannten Wärmebarrierenbeschichtungen verträglich ist um ein Hochtemperatur-Wärmebarrieren- und Dichtungsbeschichtungssystem zu schaffen, das für Betrieb bei hohen

Temperaturen geeignet ist.

Die erfindungsgemäße abreibbare Keramikdichtungsbeschichtung 7 auf zumindest einem von zwei Teilen, die eine relative Drehbewegung zueinander ausführen, ist aus stabilisiertem Zirkonoxid gebildet, das zusammen mit einem thermisch zersetzbaren organischen Pulver aufgebracht wird, und die zusammen aufgebrachte Schicht wird aufgeheizt, um das organische Füllmaterial zu zersetzen und eine poröse Beschichtung mit 20 bis 33 Vol.-% Gasblasen zu erzeugen.

11/15/00

14  
Leerseite



11/15/00

14

3032127

- 15 -

Nummer:

30 32 127

Int. Cl.<sup>3</sup>:

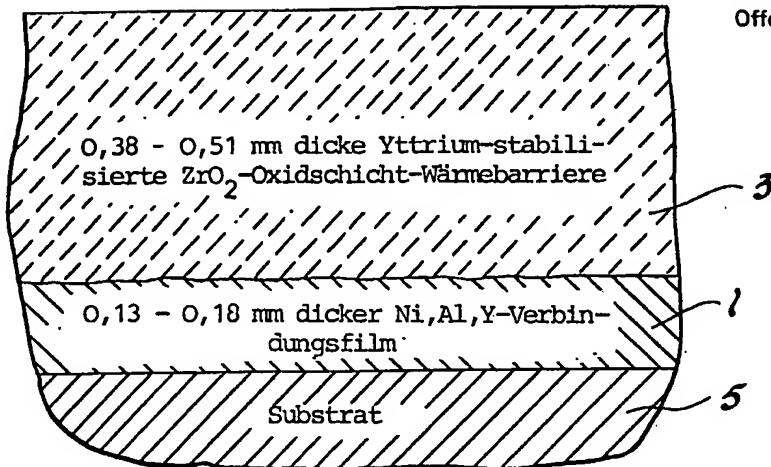
F 16 J 15/16

Anmeldetag:

26. August 1980

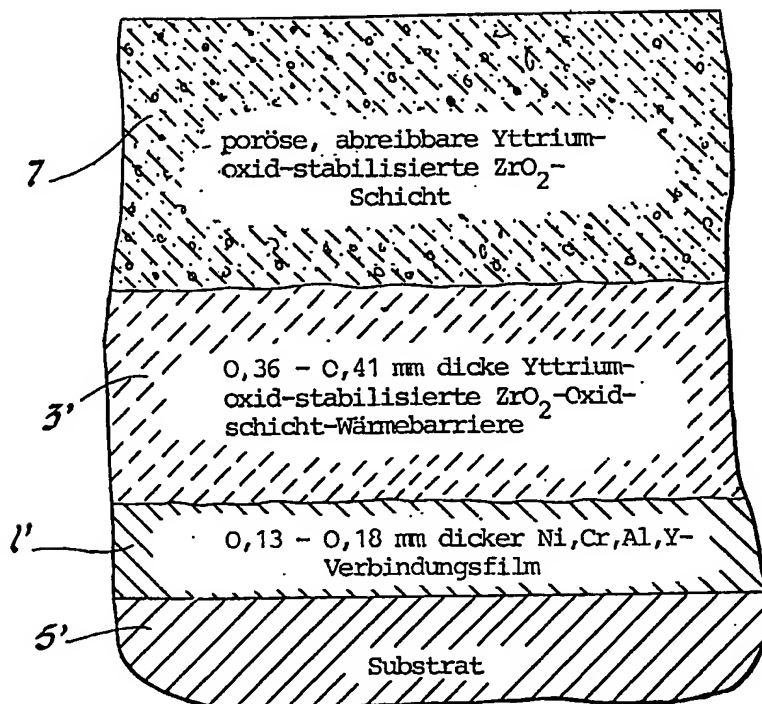
Offenlegungstag:

19. März 1981



BEKANNTE WÄRMEBARRIERENBESCHICHTUNG

Fig. 1



ABREIBBARE WÄRMEBARRIERENBESCHICHTUNG

Fig. 2

130012/0739



**Abradable ceramic seal and method of making same**

**Patent number:** DE3032127  
**Publication date:** 1981-03-19  
**Inventor:** CLINGMAN DAVID LEE; CAVANAGH JOHN  
RAYMOND; SCHECHTER BERTON; CROSS  
KENNETH ROBERT  
**Applicant:** GEN MOTORS CORP  
**Classification:**  
- international: F16J15/16; F01D11/08  
- european: C23C4/18; F01D11/12B  
**Application number:** DE19803032127 19800826  
**Priority number(s):** US19790073550 19790906

**Also published as:**

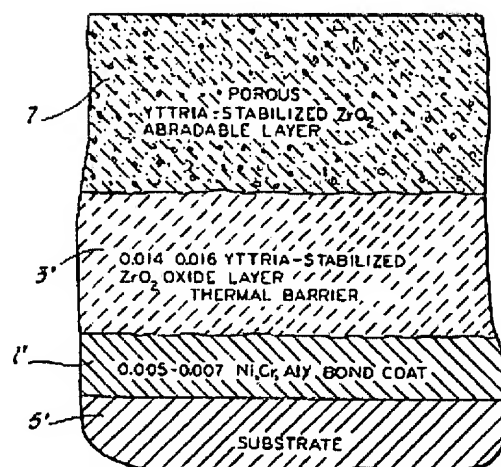
US4269903 (A1)  
GB2059806 (A)  
JP56102580 (U)

**Report a data error here**

Abstract not available for DE3032127

Abstract of corresponding document: **US4269903**

An abradable ceramic seal coating on at least one of a pair of members having relative rotational movement, the coating being formed of stabilized zirconia which is codeposited with a thermally decomposable organic powder, the codeposited layer being heated to decompose the organic filler and produce a porous coating of from about 20 to about 33% voids.



ABRADABLE THERMAL BARRIER COATING

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REPERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images  
problems checked, please do not report the  
problems to the IFW Image Problem Mailbox**